

BAB IV

ANALISIS KOMPARASI ALGORITMA *EQUATION OF TIME* JEAN MEEUS DAN SISTEM NEWCOMB

A. Uji Komparasi dan Analisis Hasil Perhitungan *Equation of Time* Jean Meeus dan Newcomb Menggunakan Parameter Almanak Nautika

Pada bab ini, penulis membandingkan hasil algoritma *equation of time* versi Jean Meeus dan Newcomb pada tanggal 4 Mei 2016 menggunakan parameter hasil dari Almanak Nautika. Hasil perhitungannya adalah:

1. Hasil Perhitungan *Equation of Time* Versi Jean Meeus

Algoritma untuk menghitung *equation of time* pada tanggal 4 Mei 2016 dengan algoritma Jean Meeus adalah:

$$\begin{aligned} \text{a. } JD &= \text{INT} (365,25 (Y + 4716)) + \text{INT} (30,6001 (M+1)) + D + B \\ &\quad - 1524,5 \\ &= \text{INT} (365,25 (2016+4716)) + \text{INT} (30,6001 (5+1)) + 4 + \\ &\quad (-) 13 - 1524,5 \\ &= 2457512,5 \end{aligned}$$

b. ΔT . Untuk perhitungan tahun 2016, rumus yang digunakan adalah:

$$\Delta T = (62,92 + 0,32217 \times t + 0,005589 \times t^2) / 86400$$

Di mana $t = Y - 2000$.

$$\begin{aligned} \Delta T &= (62,92 + 0,32217 \times 16 + 0,005589 \times 256) / 86400 \\ &= 0,000806 \end{aligned}$$

c. JDE, T, dan τ

$$\text{JDE} = \text{JD} + \Delta T$$

$$= 2457512,500000 + 0,000806$$

$$= 2457512,5$$

$$T = \text{JD} - 2451545,0 / 36525$$

$$= 2457512,5 - 2451545,0 / 36525$$

$$= 0,163381245722$$

$$\tau = (\text{JDE} - 2451545,0) / 365250.$$

$$= (2457512,5 - 2451545,0) / 365250$$

$$= 0,016338126780$$

d. Koreksi Posisi Matahari

- $L = 104,439962$ radian, atau $223,969010^\circ$

$$\theta = L + 180^\circ$$

$$= 223,969010^\circ + 180^\circ$$

$$= 43,969010^\circ$$

$$\theta \text{ terkoreksi} = 43,969010^\circ + \Delta\theta$$

$$= 43,969010^\circ + 0,09033 / 360$$

$$= 43,968985^\circ$$

$$\lambda = \theta \text{ terkoreksi} + \Delta\Psi + \text{koreksi aberasi}$$

$$= 43,968985^\circ + (-) 0,00442381 + (20,4898 / 3600 \times 1,8383)$$

$$= 43,968985^\circ + (-) 0,00442381^\circ + (-) 0,005644^\circ$$

$$= 43^\circ 57' 32''$$

- Lintang ekliptika $B = (\text{Total } B_0 + \text{Total } B_1 \times \tau) / 10^8$
 $= (144,505821 + 0,199126) / 10^8$
 $= 0,000001 \text{ radian, atau } 0,000083^\circ$
 $= 0,30 \text{ detik busur}$

$$\beta = -B$$

$$= -0,30 \text{ detik busur}$$

$$\beta \text{ terkoreksi} = -B + \Delta\beta$$

$$= -0,30 \text{ detik busur} + (0,03916 \times (\cos(0,716152) - \sin(0,716152)))$$

$$= -0,30 + 0,00$$

$$= -0,29 \text{ detik busur}$$

- Jarak pusat Bumi–Matahari $= (\text{Total } R_0 + \text{Total } R_1 \times \tau + \text{Total } R_2 \times \tau^2 + \text{Total } R_3 \times \tau^3 + \text{Total } R_4 \times \tau^4) / 100000000$
 $= (100839932,747065 + -1672,261617 + -0,096075 + 0,000619 + 0,000000) / 100000000$
 $= 1,0083826039 \text{ AU}$

e. Bujur rata – rata Matahari (Lo)

$$\begin{aligned}
L_o &= 280,46645^\circ + 36000,76983^\circ \times T + 0,0003032^\circ \times T^2 \\
&= 280,46645^\circ + 36000,76983^\circ \times 0,163381245722 + \\
&\quad 0,0003032^\circ \times 0,163381245722^2 \\
&= 6162,316687^\circ \text{ atau } 107,5527157 \text{ radian} \\
&= 42,683313^\circ.
\end{aligned}$$

f. Nutasi dalam bujur

- $D = 0,221323$ radian
- $M = 3,938942$ radian
- $M' = 0,200688$ radian
- $F = 1,184864$ radian
- $\Omega = 1,630912$ radian

$$\begin{aligned}
\Delta\Psi &= \text{Jumlah koreksi} / 10000 \\
&= -159257,18 / 10000 \\
&= -15,638817 \text{ atau } -0,00442381^\circ
\end{aligned}$$

g. Kemiringan ekliptika

$$\begin{aligned}
\varepsilon_o &= 23,439079^\circ \\
\Delta\varepsilon &= -0,141630 \text{ detik busur atau } -0,000039^\circ \\
\varepsilon &= 23,439040^\circ
\end{aligned}$$

h. Asensio Rekta Matahari

$$\begin{aligned}
\tan \alpha &= \sin \lambda \times \cos \varepsilon - \tan \beta \times \sin \varepsilon / \cos \lambda \\
\tan \alpha &= \sin 43^\circ 57' 32'' \times \cos 23,439040^\circ - \tan -0,29 \times \sin \\
&\quad 23,439040^\circ / \cos 43^\circ 57' 32''
\end{aligned}$$

$$\alpha = 41,500284^\circ$$

$$= 02^h 46^m 00,07''$$

Berdasarkan data–data di atas, maka nilai *equation of time* adalah:

$$e = L_o - 0,0057183^\circ - \alpha + \Delta\psi \times \cos \epsilon$$

$$= 42,316687^\circ - 0,0057183^\circ - 41,500284^\circ + -0,00442381^\circ \times \cos 23,439040^\circ$$

$$= 0,806625926^\circ$$

$$= (0,806625926^\circ \times 4) / 360 = 0^h 3^m 13,59''$$

2. Hasil Perhitungan *Equation of Time* Versi Newcomb

Untuk hasil perhitungan *equation of time* pada tanggal 4 Mei 2016 berdasarkan sistem Newcomb adalah:

	Waktu	S	P	N
Tahun	1960	278° 22' 17,84"	282° 15' 8,66"	2014
	30	352° 50' 18,00"	30' 55,50"	6450
	20	355° 13' 32,00"	20' 37,00"	4300
	6	358° 34' 3,60"	6' 11,10"	1290
Bulan	Mei	118° 16' 39,60"	21,6"	71
Tanggal	4	3° 56' 33,00"		2
Tanggal				
Kabisat	10	9° 51' 23,30"		5
(Sejak				
1960)	5	4° 55' 41,70"		3
Jumlah		42° 01' 43,16"	283° 13' 13,86"	2135

Tabel 4. 1. Data Astronomi Versi Newcomb Pada Tanggal 4 Mei 2016.

Untuk nilai S atau jarak astronomis Matahari diperoleh hasil sebesar $42^{\circ} 01' 43,16''$, nilai P atau jarak Matahari saat *perigee* diperoleh hasil sebesar $283^{\circ} 13' 13,86''$ dan nilai N atau suplemen simpul diperoleh sebesar 2135.

Setelah mendapatkan nilai S , P dan N , setelah itu menghitung nilai K dan R yang telah dirumuskan oleh Laverier, yaitu:

$$\begin{aligned} K &= 17,264'' \times \sin N + 0,206'' \times \sin 2N - 1,264'' \times \sin 2S \\ &= 17,264'' \times \sin 192,15 + 0,206'' \times \sin 2 (192,15) - 1,264'' \times \sin \\ &\quad 2 (42^{\circ} 01' 43,16'') \\ &= -3,1'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 09,23'' \times \cos N - 0,09'' \times \cos 2N + 0,584'' \times \cos 2S \\ &= 09,23'' \times \cos 192,15 - 0,09'' \times \cos 2 (192,15) + 0,584'' \times \cos 2 \\ &\quad (42^{\circ} 01' 43,16'') \\ &= -8,48'' \end{aligned}$$

Untuk nilai Q' atau kemiringan ekliptika Matahari hakiki adalah:

$$\begin{aligned} Q' &= Q + R \\ &= 23^{\circ} 26' 13,876'' + -8,48'' \\ &= 23^{\circ} 26' 5,39289'' \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai m atau anomali rata-rata Matahari dengan rumus:

$$\begin{aligned} m &= S - P \\ &= 42^{\circ} 01' 43,16'' - 283^{\circ} 13' 13,86'' \end{aligned}$$

$$= -241^{\circ} 11' 30,7''$$

$$= -241^{\circ} 11' 30,7'' + 360^{\circ}$$

$$= 118^{\circ} 48' 29,3029''$$

Selanjutnya mencari nilai E atau *equation of center* dengan rumus:

$$E = 6898,06'' \times \sin m + 72,095'' \times \sin 2m + 0,966'' \times \sin 3m$$

$$= 6898,06'' \times \sin 118^{\circ} 48' 29,3029'' + 72,095'' \times \sin 2 (118^{\circ} 48' 29,3029'') + 0,966'' \times \sin 3 (118^{\circ} 48' 29,3029'')$$

$$= 1^{\circ} 39' 45,3198''$$

Selanjutnya mencari nilai Bujur rata rata Matahari dengan rumus:

$$S' = (S + E + K) - 20,47''$$

$$= (42^{\circ} 01' 43,16'' + 1^{\circ} 39' 45,3198'' + -3,1'') - 20,47''$$

$$= 43^{\circ} 41' 25,473'' - 20,47''$$

$$= 43^{\circ} 41' 55''$$

Selanjutnya mencari nilai asensio rekta Matahari dengan rumus:

$$PT = S + (\cos Q' \times K)$$

$$= 42^{\circ} 01' 43,16'' + (\cos 23^{\circ} 26' 5,39289'' \times -3,1'')$$

$$= 42^{\circ} 01' 43,16'' + (-0^{\circ} 0' 2,762'')$$

$$= 42^{\circ} 01' 40,4''$$

Selanjutnya mencari nilai rata rata asensio rekta Matahari dengan rumus:

$$\text{Tg } PT' = \cos Q' \times \text{tg } S'$$

$$= \cos 23^{\circ} 26' 5,39289'' \times \text{tg } 43^{\circ} 41' 55''$$

$$PT' = 41^{\circ} 13' 44,2''$$

Setelah semua perhitungan dilakukan, maka nilai *equation of time* pada tanggal 4 Mei 2016 diperoleh:

$$\begin{aligned}
 e &= (PT - PT') / 15 \\
 &= (42^{\circ} 01' 40,4'' - 41^{\circ} 13' 44,2'') / 15 \\
 &= 0^{\circ} 47' 56,2'' / 15 \\
 &= 0^{\text{j}} 03^{\text{m}} 11,75^{\text{d}}
 \end{aligned}$$

3. Komparasi Hasil Perhitungan *Equation of Time* versi Jean Meeus dan Newcomb Menggunakan Almanak Nautika

Dari perhitungan *equation of time* menggunakan algoritma Jean Meeus dan Newcomb pada tanggal 4 Mei 2016, menghasilkan selisih sebesar 2,16 detik. Perhitungan Jean Meeus menghasilkan nilai sebesar $0^{\text{j}} 03^{\text{m}} 13,59''$, sedangkan perhitungan Newcomb menghasilkan nilai sebesar $0^{\text{j}} 03^{\text{m}} 11,75^{\text{d}}$. Jika dikomparasikan dengan data dalam Almanak Nautika, maka hasil yang diperoleh sebesar $0^{\text{j}} 03' 13''$. Pada algoritma Jean Meeus dan Newcomb, masing-masing mempunyai selisih 1 detik dengan data *equation of time* Almanak Nautika. Algoritma Jean Meeus memiliki selisih 1 detik lebih kecil, sedangkan algoritma Newcomb memiliki selisih 1 detik lebih besar. Untuk menyimpulkan hasil komparasi kedua algoritma tersebut lebih tepat, penulis juga mengkomparasikan *equation of time* pada tanggal-tanggal yang mempunyai nilai *equation of time* 0 pada jam 12 siang. Tanggal-tanggal tersebut adalah 16 April, 14 Juni, 2 September, dan 25 Desember pada tahun 2016.

Hasil yang didapatkan adalah:

Tanggal	Jean Meeus	Newcomb	Almanak Nautika
16-Apr	0:00:19	0:00:15	0:00:18
14-Jun	0:00:23	0:00:17	0:00:22
02-Sep	0:00:28	0:00:24	0:00:29
25-Des	0:00:18	0:00:06	0:00:17

Tabel 4.2. *Equation of Time* Dengan Nilai 0 Menit

Berdasarkan tabel di atas, selisih nilai detik pada *equation of time* setiap bulannya berbeda, namun selisih nilai *equation of time* untuk satu bulan penuh selalu tetap. Hal ini penulis buktikan dengan menghitung nilai *equation of time* untuk bulan Mei sebagai berikut:

Tanggal	Jean Meeus	Newcomb	Almanak Nautika
01-Mei	0:02:57	0:02:56	0:02:58
02-Mei	0:03:04	0:03:02	0:03:05
03-Mei	0:03:10	0:03:09	0:03:11
04-Mei	0:03:15	0:03:14	0:03:16
05-Mei	0:03:20	0:03:20	0:03:21
06-Mei	0:03:24	0:03:24	0:03:25
07-Mei	0:03:28	0:03:28	0:03:29
08-Mei	0:03:31	0:03:32	0:03:32
09-Mei	0:03:34	0:03:34	0:03:35
10-Mei	0:03:36	0:03:37	0:03:37

11-Mei	0:03:38	0:03:38	0:03:38
12-Mei	0:03:39	0:03:39	0:03:39
13-Mei	0:03:39	0:03:40	0:03:40
14-Mei	0:03:39	0:03:40	0:03:39
15-Mei	0:03:38	0:03:40	0:03:39
16-Mei	0:03:37	0:03:39	0:03:37
17-Mei	0:03:35	0:03:37	0:03:36
18-Mei	0:03:32	0:03:34	0:03:33
19-Mei	0:03:29	0:03:32	0:03:30
20-Mei	0:03:26	0:03:28	0:03:27
21-Mei	0:03:22	0:03:24	0:03:23
22-Mei	0:03:17	0:03:15	0:03:19
23-Mei	0:03:12	0:03:10	0:03:14
24-Mei	0:03:06	0:03:04	0:03:08
25-Mei	0:03:00	0:03:08	0:03:02
26-Mei	0:02:54	0:02:57	0:02:56
27-Mei	0:02:47	0:02:50	0:02:49
28-Mei	0:02:39	0:02:43	0:02:41
29-Mei	0:02:31	0:02:35	0:02:33
30-Mei	0:02:23	0:02:27	0:02:25
31-Mei	0:02:14	0:02:18	0:02:16

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan *Equation of Time* Pada Bulan Mei 2016.

Berdasarkan uji komparasi di atas, maka algoritma *equation of time* versi Jean Meeus lebih akurat dibanding dengan versi Newcomb.

4. Analisis Komparasi Algoritma *Equation of Time* Versi Jean Meeus dan Newcomb

Pada dasarnya algoritma *equation of time* yang dikenalkan oleh Jean Meeus dan Newcomb memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan tidak jauh berbeda. Adanya selisih yang dihasilkan dari komparasi kedua algoritma tersebut dikarenakan pengambilan data-data tentang pergerakan Bumi dan Matahari yang berbeda. Jean Meeus menggunakan teori VSOP87 sebagai acuan koreksi dari pergerakan pergerakan benda langit, khususnya Matahari dan Bulan secara rinci. Meskipun Jean Meeus mereduksi suku-suku kecil dalam VSOP87, namun tidak mempengaruhi hasil perhitungan *equation of time*, bahkan satu detik pun selama interval waktu 3000 tahun. Hasil penelitian Jean Meeus yang memberikan batasan efisiensi dan akurasi untuk interval waktu 3000 tahun tersebut secara terbuka memberikan relevansi hasil yang ia peroleh dan memberikan jaminan tingkat akurasi perhitungan yang ia gunakan.

Dalam algoritmanya, Jean Meeus menggunakan bujur rata-rata Matahari, kemiringan ekliptika, dan asensio rekta Matahari sebagai komponen penting dalam menghitung *equation of time*. Hal yang membuat algoritma *equation of time* Jean Meeus berbeda dengan algoritma *equation of time* Newcomb juga karena dalam

perhitungannya Jean Meeus memuat koreksi nutasi dalam bujur dan koreksi nutasi dalam kemiringan ekliptika. Kemiringan ekliptika sangat berpengaruh terhadap *equation of time*. Jika hanya menggunakan nilai rata-rata kemiringan ekliptika, maka akan melemahkan tingkat akurasi nilai *equation of time* tersebut.

Meskipun Jean Meeus menyadari bahwa perubahan kemiringan ekliptika dari waktu ke waktu hanya sebatas detik dan menit, namun untuk mencapai tingkat akurasi yang lebih tinggi, ia menggunakan koreksi dan rumus yang dikenalkan oleh Laskar, yaitu:

$$\begin{aligned}\varepsilon_0 = & 23^\circ 26' 21,488'' - 4680,93'' U \\ & - 1,55'' U^2 \\ & + 1999,25'' U^3 \\ & - 51,38'' U^4 \\ & - 249,67'' U^5 \\ & - 39,05'' U^6 \\ & + 7,12'' U^7 \\ & + 27,87'' U^8 \\ & + 5,79'' U^9 \\ & + 2,45'' U^{10}\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan kemiringan ekliptika Matahari, Jean Meeus juga menambahkan koreksi yang ada pada tabel koreksi nutasi dalam ekliptika. Tingkat akurasi kemiringan ekliptika dari Laskar ini hanya memiliki perubahan nilai sebesar 0,01 detik selama interval waktu 3000 tahun.

Jika Jean Meeus menghitung nilai kemiringan ekliptika dengan rinci, lain halnya dengan perhitungan Newcomb. Pada versi Newcomb, kemiringan ekliptika dihitung dengan menggunakan *epoch* tahun 1960 sebesar $23^{\circ} 26' 40,6''$ ditambah dengan nilai kemiringan ekliptika per tahun sebesar $-0,468''$. Sebenarnya, Newcomb telah melakukan perhitungan kemiringan ekliptika untuk jangka waktu 8 *epoch*, yaitu dari *epoch* 1750 hingga 2100.

Epoch.	ϵ.	$\log \sin \epsilon$.	$\log \cos \epsilon$.
1750	23° 28' 18"·51	9·600 207 9	9·962 490 7
1800	23 27 55 ·10	9·600 094 3	9·962 512 1
1850	23 27 31 ·68	9·599 980 8	9·962 533 4
1900	23 27 8 ·26	9·599 867 1	9·962 554 8
1950	23 26 44 ·84	9·599 753 4	9·962 576 2
2000	23 26 21 ·41	9·599 639 6	9·962 597 6
2050	23 25 57 ·99	9·599 525 9	9·962 619 0
2100	23 25 34 ·56	9·599 412 1	9·962 640 5

Gambar 4. 1. Kemiringan Ekliptika Newcomb¹

Jika dibandingkan dengan nilai kemiringan ekliptika Jean Meeus pada *epoch* J2000, maka nilai kemiringan ekliptika Newcomb hanya memiliki selisih 0,1 detik. Meskipun dalam penelitian ini penulis menggunakan kemiringan ekliptika Newcomb pada *epoch* 1960, bukan berarti nilai kemiringan ekliptika yang dirumuskan oleh Newcomb tidak akurat. Hal ini dilakukan karena jika penulis menggunakan *epoch* 2000 pada kemiringan ekliptika, maka akan mempengaruhi keseluruhan hasil akhir algoritma *equation of time*.

¹ Simon Newcomb, *A Compendium of Spherical Astronomy*, New York: The Macmillan Company, 1906., hlm. 238.

Sementara itu, dalam algoritma sistem Newcomb tidak menggunakan *julian day*, hanya sebatas pada epoch 1900 atau 1960 terkait posisi jarak astronomis Matahari, jarak Matahari *perigee* dan *node* atau suplemen simpul. Meskipun Newcomb menggunakan epoch 1900 atau 1960, namun untuk perhitungan pada waktu yang diinginkan telah disediakan tabel untuk penambahan tahun, bulan, hari, bahkan hingga satuan jam. Dengan demikian, meskipun tidak menggunakan konsep *julian day* akan tetapi algoritma yang digunakan Newcomb masuk dalam kategori akurat. Hal ini juga penulis buktikan dengan melakukan komparasi perhitungan algoritma *equation of time* versi Newcomb dengan algoritma *equation of time* Jean Meeus pada tanggal 4 Mei 2016 yang menghasilkan nilai selisih 2,16 detik.

Newcomb menggunakan istilah jarak astronomis Matahari (S') untuk mengartikan bujur astronomis Matahari seperti yang tercantum dalam algoritma Jean Meeus. Perbandingan nilai bujur Matahari versi Jean Meeus dan Newcomb pada tanggal 4 Mei 2016 sebesar $1^{\circ} 00' 55,07''$. Perbedaan ini terjadi karena dalam menghitung nilai bujur rata-rata Matahari algoritma yang digunakan keduanya berbeda. Jean Meeus menghitung bujur rata rata Matahari dengan rumus $Lo = 280,46645^{\circ} + 36000,76983^{\circ} \times T + 0,0003032^{\circ} \times T^2$, sedangkan Newcomb menghitung bujur rata rata Matahari dengan rumus $S' = (S + E + K) - 20,47''$.

Penggunaan algoritma Jean Meeus dan Newcomb dalam menghitung bujur rata rata Matahari berdasarkan pada teori gerak yang dihitung sejak permulaan Matahari semu beredar, dari satu titik ke titik yang lain. Perbedaan algoritma keduanya terletak pada titik pangkal perhitungan (*epoch*) yang digunakan. Jika Newcomb menggunakan epoch 1960 dan menghasilkan nilai perjalanan awal bujur rata rata Matahari sebesar $278^{\circ} 22' 17,84''$, sedangkan Jean Meeus menggunakan epoch J2000 yang menghasilkan nilai perjalanan awal bujur rata rata Matahari sebesar $280^{\circ} 27' 59,22''$. Perbedaan *epoch* inilah yang membuat algoritma Jean Meeus dan Newcomb mempunyai nilai selisih sebesar $1^{\circ} 00' 55,07''$.

Penggunaan *epoch* 1960 dalam algoritma Newcomb membuat hasil yang didapatkan tentang data astronomis Matahari pun tidak *update*. Dari tahun ke tahun nilai pangkal bujur astronomis Matahari semakin mengecil. Pada tahun 1800 M, nilai pangkal bujur astronomis Matahari versi William Bessel sebesar $279^{\circ} 54' 1,36''$ ²

Selain itu, penggunaan nilai konstan aberasi pada algoritma Jean Meeus dan Newcomb berbeda. Jean Meeus menggunakan nilai konstan aberasi sebesar $0,0057183^{\circ}$ atau $20,59''$, sedangkan Newcomb menggunakan nilai konstan aberasi sebesar $20,47''$.

² William Chauvenet, *A Manual of Spherical and Practical Astronomy*, Philadelphia: J. B. Lippincott Company, 1891, hlm. 653.

Indikator	Jean Meeus	Newcomb
Epoch yang digunakan	J2000	1960
Acuan yang digunakan	Julian Day	Tabel-tabel data astronomis pada <i>epoch 1960</i>
Nilai Bujur rata-rata Matahari pada <i>epoch</i>	280° 27' 59,22"	278° 22' 17,84"
Kemiringan ekliptika	23° 26' 21,5"	23° 26' 40,6"
Koreksi Aberasi	20,59"	20,47"

Tabel. 4.4. Komparasi Algoritma *Equation of Time* Versi Jean Meeus dan Newcomb

B. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma *Equation of Time* Versi Jean Meeus dan Newcomb

1. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma *equation of time* Jean Meeus

Di antara kelebihan-kelebihan algoritma *equation of time* versi Jean Meeus antara lain:

- Menggunakan teori VSOP87 yang merupakan koreksi dari posisi-posisi planet secara akurat dalam menghitung bujur ekliptika, lintang ekliptika, dan jarak Bumi–Matahari sebagai data untuk menghitung *equation of time*. Meskipun Jean Meeus mereduksi

VSOP87 dan menghilangkan suku-suku kecil di dalamnya, akan tetapi tidak mempengaruhi tingkat akurasi pada algoritma yang ia hitung.³ Jika pada VSOP87 mempunyai 2425 koreksi suku, akan tetapi pada algoritma Meeus hanya mempunyai 159 suku koreksi dan hanya terjadi kesalahan tidak lebih dari 1 detik untuk periode tahun -2000 sampai tahun 6000 M.

- b. Perhitungan yang digunakan oleh Jean Meeus bersifat *debugging*, yang berarti bisa dikoreksi dan diverifikasi berulang-ulang.
- c. Algoritma Jean Meeus merupakan algoritma yang bersifat kontemporer dan menggunakan rumus-rumus segi tiga bola, sehingga tidak diragukan lagi tingkat akurasinya.

Sedangkan kekurangan-kekurangan yang ada pada algoritma *equation of time* Jean Meeus adalah:

- a. Pada algoritma *equation of time* Jean Meeus, banyak terdapat angka angka *divisor* atau pembagi yang tidak disebutkan. Hal ini menjadi kendala bagi seseorang yang tidak terlalu memahami konsep konsep yang melatarbelakangi algoritma tersebut. Seperti contoh pada perhitungan hasil akhir *equation of time*, Jean Meeus tidak menyebutkan bahwa hasil yang didapatkan harus dikali 4 dan dibagi 3600, karena masih dalam satuan derajat.

³ Fitri Mintarsih, dkk, *Implementasi Algoritma Meeus dalam Penentuan Waktu Shalat dan Pencarian Masjid Terdekat*, Studia Informatika: Jurnal Sistem Informasi, 2015, hlm. 1-10. Diakses dari journal.uinjkt.ac.id/index.php/sisteminformasi/article/download/2180/1655 pada tanggal 16 Mei 2016 pukul 07:48 WIB.

- b. Untuk perhitungan asensio rekta Matahari juga tidak ditemukan penjelasan tentang nilai nilai yang harus ditambahkan pada hasil akhir asensio rekta. Hal ini penulis temukan melalui perhitungan *equation of time* dengan bulan yang berbeda dari bulan Januari hingga Desember. Oleh karena itu, penulis menyimpulkan bahwa jika menghitung nilai *equation of time* pada bulan Januari sampai Maret, hasil asensio rekta ditambah 360. Untuk bulan April sampai Juni, maka nilai asensio rekta tetap. Untuk bulan Juli sampai Desember ditambah 180.

2. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma *Equation of Time* Newcomb

Dalam algoritma versi Newcomb, terdapat berbagai kelebihan yang bisa menjadi rujukan dalam penentuan *equation of time*, antara lain:

- a. Data yang terdapat dalam sistem Newcomb disusun dengan memperhatikan koreksi koreksi pergerakan dan posisi benda langit, seperti jarak astronomis Matahari, jarak astronomis Matahari saat *perigee*, *node* dan *anomali* rata rata Matahari (*equation of center*)
- b. Perhitungan yang digunakan dalam sistem Newcomb meliputi hitungan detik, tidak hanya sampai pada menit, sehingga bisa lebih akurat.
- c. Algoritma Newcomb termasuk kategori hisab kontemporer.

Sedangkan kekurangan dari algoritma *equation of time* Newcomb adalah:

- a. *Epoch* yang digunakan dalam perhitungan *equation of time* sistem Newcomb masih menggunakan *epoch* lama yaitu *epoch* pada tahun 1960, jika dibandingkan dengan *epoch* yang digunakan oleh Jean Meeus, yaitu *epoch* J2000, maka tingkat keakurasiannya lebih rendah.
- b. Pada algoritma Newcomb tidak menggunakan *julian day*, hanya menggunakan *epoch 1960*. Dengan demikian, untuk dapat menghitung *equation of time* pada tahun 2000 ke atas, data-data tentang Matahari belum *update*.